

特開平11-202112

(43)公開日 平成11年(1999)7月30日

(51) Int.Cl.[®]G 02 B 5/18
5/02
G 02 F 1/1335

識別記号

5 2 0

F I

G 02 B 5/18
5/02
G 02 F 1/1335C
5 2 0

(21)出願番号

特願平10-7182

(22)出願日

平成10年(1998)1月19日

審査請求 未請求 請求項の数8 OL (全8頁)

(71)出願人 000002897

大日本印刷株式会社

東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号

(72)発明者 谷口幸夫

東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号大

日本印刷株式会社内

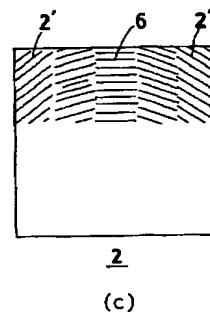
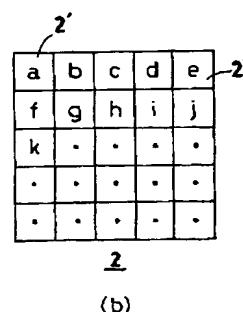
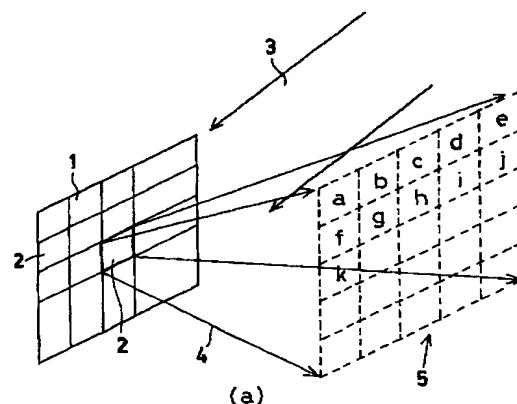
(74)代理人 弁理士 垣澤 弘 (外7名)

(54)【発明の名称】回折光学素子

(57)【要約】

【課題】 簡単なパターンの回折格子集合体を用いて高い回折効率で散乱機能を有する回折光学素子を提供する。

【解決手段】 モザイク状の素子要素2に分割されており、各素子要素2はモザイク状に配置された格子単位2'からなり、各格子単位2'には直線回折格子6が形成されており、格子単位2'の素子要素2上での配置位置に応じて、その直線回折格子6の格子間隔と格子方向が異なっており、素子要素2に所定の方向から特定波長の照明光3を入射させる場合に、素子要素2中での格子単位2'の配置位置に対応してその格子単位2'からの回折光4が所定の観察面5上の別々の領域に入射するよう、直線回折格子6の格子間隔と格子方向が設定されている。



1

2

【特許請求の範囲】

【請求項1】 モザイク状の素子要素に分割されており、各素子要素はモザイク状に配置された格子単位からなり、各格子単位には直線回折格子が形成されており、格子単位の素子要素上での配置位置に応じて、その直線回折格子の格子間隔と格子方向が異なっており、素子要素に所定の方向から特定波長の照明光を入射させる場合に、素子要素中での格子単位の配置位置に対応してその格子単位からの回折光が所定の観察面上の別々の領域に入射するように、前記直線回折格子の格子間隔と格子方向が設定されていることを特徴とする回折光学素子。

【請求項2】 モザイク状の素子要素に分割されており、各素子要素には曲線回折格子が形成されており、素子要素上での位置に応じてその曲線回折格子の格子間隔と格子方向が異なっており、素子要素に所定の方向から特定波長の照明光を入射させる場合に、素子要素中での曲線回折格子の位置に対応してその曲線回折格子からの回折光が所定の観察面上の別々の領域に入射するように、前記曲線回折格子の格子間隔と格子方向が設定されていることを特徴とする回折光学素子。

【請求項3】 回折光学素子面上での位置に応じて格子間隔と格子方向が異なる波状曲線状の曲線回折格子が形成されており、回折光学素子に所定の方向から特定波長の照明光を入射させる場合に、曲線回折格子の位置に対応してその曲線回折格子からの回折光が所定の観察面上の別々の領域に入射するように、前記曲線回折格子の格子間隔と格子方向が設定されていることを特徴とする回折光学素子。

【請求項4】 各素子要素は同一回折特性のものからなることを特徴とする請求項1又は2記載の回折光学素子。

【請求項5】 各素子要素は回折光学素子面上での配置位置に応じて回折方向が変調されており、回折光学素子面から一定の距離において同一範囲中に回折光を向ける回折特性を有することを特徴とする請求項1又は2記載の回折光学素子。

【請求項6】 前記曲線回折格子は繰り返しパターンからなることを特徴とする請求項3記載の回折光学素子。

【請求項7】 前記曲線回折格子は回折光学素子面上での配置位置に応じて回折方向が変調されており、回折光学素子面から一定の距離において同一範囲中に回折光を向ける回折特性を有することを特徴とする請求項3記載の回折光学素子。

【請求項8】 反射型液晶表示装置の一部に反射板として配置されていることを特徴とする請求項1から7の何れか1項記載の回折光学素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、回折光学素子に関し、特に、反射型液晶表示装置の拡散反射板等に利用可

能な散乱機能を有する回折光学素子に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 従来、反射型液晶表示装置は、図9に示すように、マット処理したアルミニウム等の金属板からなる反射拡散板31を液晶表示素子40の観察側とは反対側に配置してなるもので、液晶表示素子40の表示側から入射する照明光32をその裏面に配置した反射拡散板31で前方へ拡散反射させ、明所で自発光型のバックライトを使用することなしに表示が可能なものである。

10 ここで、液晶表示素子40は、例えば、2枚のガラス基板41、42の間に挟持されたツイストネマチック等の液晶層45からなり、一方のガラス基板42内表面には一様な透明対向電極44が設けられ、他方のガラス基板41内表面には画素毎に独立に透明表示電極43と不図示のブラック・マトリックスが設けられている。なお、カラー表示装置の場合は、他方のガラス基板41内表面には液晶セルR、G、B毎に独立に透明表示電極43とカラーフィルター、ブラック・マトリックスが設けられている。また、電極43、44の液晶層45側には不図示の配向層も設けられており、さらに、観察側ガラス基板41外表面には偏光板46が、観察側とは反対側のガラス基板42外表面には偏光板47がそれぞれ貼り付けられており、例えばそれらの透過軸は相互に直交するよう配置されている。このような液晶表示素子40の透明表示電極と透明対向電極間に印加する電圧を制御してその透過状態を変化させることにより、数字、文字、記号、絵柄等が選択的に表示が可能なものである。

20 【0003】 このような反射型液晶表示装置は、バックライトを必要としないため消費電力が小さくてよい利点はあるものの、外光により表示させるため、表示が見難い。また、照明光下においても、反射強度が最も強い正反射方向においては、液晶表示装置での表面反射によりコントラストが著しく低下してしまう問題がある。

【0004】 このような問題を解決するために、従来、干渉露光により作成されたホログラム素子を拡散反射板として用いる提案があった。また、所定の回折特性を得るためにセル型の計算機ホログラムも知られていた。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、光学素子に散乱機能を持たせるという観点から見ると、干渉露光により作成されたホログラム素子は、散乱機能は実現できるが、感光材料に無数の干渉縞が多重記録されることになり、現在の感光材料では回折効率が低下してしまう。また、散乱性の物体光同志の干渉によるノイズの記録によっても回折効率が低下してしまう問題がある。

40 【0006】 また、セル型の計算機ホログラムの場合は、その作成のための計算に時間がかかり、一般に理想的な干渉縞を得ることはできず、ノイズが多く回折効率が低い。また、オンラインのホログラムの計算方法はあるが、オフラインの計算方法は確立していない問題があ

50

る。

【0007】本発明は従来技術のこのような問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は、簡単なパターンの回折格子集合体を用いて高い回折効率で散乱機能を有する回折光学素子を提供することである。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成する本発明の回折光学素子は、モザイク状の素子要素に分割されており、各素子要素はモザイク状に配置された格子単位からなり、各格子単位には直線回折格子が形成されており、格子単位の素子要素上の配置位置に応じて、その直線回折格子の格子間隔と格子方向が異なっており、素子要素に所定の方向から特定波長の照明光を入射させる場合に、素子要素中での格子単位の配置位置に対応してその格子単位からの回折光が所定の観察面上の別々の領域に入射するように、前記直線回折格子の格子間隔と格子方向が設定されていることを特徴とするものである。

【0009】本発明のもう1つの回折光学素子は、モザイク状の素子要素に分割されており、各素子要素には曲線回折格子が形成されており、素子要素上の位置に応じてその曲線回折格子の格子間隔と格子方向が異なっており、素子要素に所定の方向から特定波長の照明光を入射させる場合に、素子要素中での曲線回折格子の位置に対応してその曲線回折格子からの回折光が所定の観察面上の別々の領域に入射するように、前記曲線回折格子の格子間隔と格子方向が設定されていることを特徴とするものである。

【0010】本発明のさらにもう1つの回折光学素子は、回折光学素子面上での位置に応じて格子間隔と格子方向が異なる波状曲線状の曲線回折格子が形成されており、回折光学素子に所定の方向から特定波長の照明光を入射させる場合に、曲線回折格子の位置に対応してその曲線回折格子からの回折光が所定の観察面上の別々の領域に入射するように、前記曲線回折格子の格子間隔と格子方向が設定されていることを特徴とするものである。

【0011】第1及び第2の回折光学素子において、各素子要素は同一回折特性のものからなっていてもよく、また、各素子要素は回折光学素子面上での配置位置に応じて回折方向が変調されており、回折光学素子面から一定の距離において同一範囲中に回折光を向ける回折特性を有するものでもよい。

【0012】第3の回折光学素子においては、曲線回折格子は繰り返しパターンからなっていてもよく、また、曲線回折格子は回折光学素子面上での配置位置に応じて回折方向が変調されており、回折光学素子面から一定の距離において同一範囲中に回折光を向ける回折特性を有するものでもよい。

【0013】本発明においては、ミクロ的には単純な回折格子であるので、回折効率が高く、マクロ的に明るい散乱機能を有する光学素子となる。また、斜め入射の照

明光で正面方向に散乱回折を行うオフラインの回折が実現できる。さらには、ホログラムのような干渉縞の多重記録に伴うノイズが発生しない。また、連続的な曲線回折格子を用いるものにおいては、不連続エッジによって発生する回折ノイズが発生しない。

【0014】

【発明の実施の形態】以下に、本発明の回折光学素子の実施例について説明する。図1は本発明の実施例1の回折光学素子の構成と作用を説明するための図である。図

10 1 (a) に示すように、この実施例の回折光学素子1

は、2次元的に規則的あるいは不規則にモザイク状に配置された同じ特性の素子要素2からなる。図の場合は、素子要素2は基盤の目状に配置されている。各素子要素2は、図1 (b) に示すように、2次元的に規則的あるいは不規則にモザイク状に配置された格子単位2'からなる。図の場合は、格子単位2'は素子要素2中に基盤の目状に配置されている。いま、格子単位2'を配置位置に応じて図示のようにa, b, c, d, . . . と符号と付ける。

20 【0015】さて、回折光学素子1の各素子要素2に、

図1 (a) に示すように、所定の方向から入射する特定波長λの照明光3を照射すると、回折光学素子1が反射型の場合は反射方向に、透過型の場合は透過方向に(図の場合は、反射型としている。)回折光4を回折し、その回折光4は観察面5に入射するように素子要素2が構成されている。これを詳細に見ると、各素子要素2の格子単位2' (a) で回折された光は観察面5の領域a

に、格子単位2' (b) で回折された光は観察面5の領域bに、格子単位2' (c) で回折された光は観察面5

30 の領域cというように、格子単位2'の配置位置に対応してそれからの回折光4が観察面5上の別々の領域に入射する。図1の場合は、格子単位a, b, c, d, の相対位置と、観察面5の領域a, b, c, d, の相対位置とが相互に相似形の位置になっているが、この条件は必ずしも必要ではない。

【0016】図1 (c) に図1 (a) に示したような対応で各素子要素2から回折光4が観察面5に入射するための各素子要素2の格子単位2'に配置される回折格子の形を模式的に示してある。各格子単位2'に直線状の

40 回折格子が刻まれており、格子単位2'の素子要素2上での配置位置に応じて、その直線回折格子の格子間隔と

格子方向が異なっており、上記のように、格子単位2' (a) で回折された光は観察面5の領域aに、格子単位2' (b) で回折された光は観察面5の領域bに、格子単位2' (c) で回折された光は観察面5の領域cとい

うように、格子単位2'の配置位置に対応してそれからの回折光4が観察面5上の別々の領域に入射するようになっている。

【0017】回折光学素子1上に2次元的に規則的あるいは不規則に配置された素子要素2は全て同じ特性を有

するので、観察面5上での各素子要素2からの回折光4は相互に素子要素2の縦横寸法分ずれるが、図1(a)に示した破線の枠で囲まれる観察面5の大きさが回折光学素子1の大きさより大きい場合には、観察面5の略中央に位置する観察者の眼には、回折光学素子1の略全ての領域から回折光4が入射することになるので、回折光学素子1は高い回折効率の散乱機能を有する反射型あるいは透過型の拡散板として使用可能である。

【0018】なお、各素子要素2の格子単位2'に刻まれる直線回折格子としては、振幅型、位相型、レリーフ型、体積型何れでもよいが、レリーフ型で構成するのが現実的である。また、その描画方法としては、電子ビームあるいはレーザービームを用いて描画する方法、2つの平行光束を干渉させて露光する方法等があるが、ビームで描画する方法が現実的である。

【0019】ここで、回折光学素子1の素子要素2の各格子単位2'に刻まれる直線回折格子の格子間隔と格子方向の決定方法を説明する。まず、図7に示すような回折光学素子面及び観察面の座標系を設定する。回折光学素子面上の点(X, Y)に方向余弦(1c, m_c, F_c)

20

$$\begin{aligned} F_x &= \\ &[(x-X)/\sqrt{(x-X)^2 + (y-Y)^2 + z^2} - 1_c]/\lambda_c \\ F_y &= \\ &[(y-Y)/\sqrt{(x-X)^2 + (y-Y)^2 + z^2} - m_c]/\lambda_c \end{aligned}$$

... (1)

ここで、図8に示すように、回折格子6のピッチをD、

$$\begin{aligned} \theta &= \tan^{-1}(F_x/F_y) \\ D &= 1/\sqrt{(F_x^2 + F_y^2)} \end{aligned}$$

となり、回折光学素子1の素子要素2の各格子単位2'に刻まれる直線回折格子6の格子間隔と格子方向が決定される。

【0022】ところで、図1(a)に示したような構成と特性を有する回折光学素子1を反射型でレリーフ型の拡散板10(図2)として構成するには、図1(c)に示したような直線回折格子6の群からなる凹凸レリーフパターンを、例えば透明樹脂11表面にエンボスし、エンボスされた凹凸レリーフパターン上にアルミニウム等の反射金属からなる反射膜12あるいは反射多層薄膜12を形成することにより作成される。

【0023】このような特性の反射型でレリーフ型の拡散板10は、例えば図2に断面を示したような液晶表示素子40の観察側とは反対側に配置することにより、明るい表示が可能な反射型液晶表示装置を実現することができる。ここで、液晶表示素子40は、例えば図9について説明したような構成とする。本発明による反射型の拡散板10を液晶表示素子40とこのように組み合わせることにより、液晶表示素子40の表示側から入射する照明光32を、液晶表示装置の観察域に合致する角度範囲θに拡散光33を拡散反射させ、明所で自発光型のバックライトを使用することなしに明るい表示が可能にな

n_c)の方向から入射する波長λ_cの照明光3が、観察面上の点(x, y)に回折光4として回折されるような回折格子の形を求める。

【0020】一般に、照明光、回折光の方向余弦をそれぞれ(1_c, m_c, n_c), (1_i, m_i, n_i)、波長をλ_c、回折格子のX方向、Y方向の局所空間周波数をF_x, F_yとすると、以下の関係がある。

【0021】1_i = 1_c ± λ_c/F_x

m_i = m_c ± λ_c/F_y

10 図7の配置では、

$$1_i = (x-X)/\sqrt{(x-X)^2 + (y-Y)^2 + z^2}$$

$$m_i = (y-Y)/\sqrt{(x-X)^2 + (y-Y)^2 + z^2}$$

$$\therefore F_x = F_i \cdot (x, y, X, Y, \lambda_c)^{-1}$$

$$= (1_i - 1_c)/\lambda_c$$

$$F_y = F_i \cdot (x, y, X, Y, \lambda_c)$$

$$= (m_i - m_c)/\lambda_c$$

したがって、

20

$$F_x = [(x-X)/\sqrt{(x-X)^2 + (y-Y)^2 + z^2} - 1_c]/\lambda_c$$

$$F_y = [(y-Y)/\sqrt{(x-X)^2 + (y-Y)^2 + z^2} - m_c]/\lambda_c$$

... (1)

そのX軸に対する傾きをθとすると、図8から、

... (2)

る。なお、本発明による反射型の拡散板10を反射型液晶表示装置の液晶層と背面基板の間に反射板として配置してもよい。この場合は、回折光学素子1の反射層12が光反射性電極を兼ねることになる。

【0024】ところで、以上のような回折光学素子1及びレリーフ型の拡散板10は、図1の説明から明らかなように、観察位置あるいは観察方向により色がついて見える。このような着色を防止するためには、回折光学素子1あるいは拡散板10に自体に、回折による散乱性に加えて、スリガラスのような散乱性を合わせ持たせると、白色に見えるようになる。そのためには、例えば、

40 反射型でレリーフ型の拡散板10の場合、裏面に凹凸レリーフパターンを有する透明樹脂11の表面側を微細な凹凸からなるスリ面18にするか(図3(a))、その透明樹脂11中に屈折率の異なる微細な粉末19を分散させて(図3(b))回折光を散乱させるようにすればよい。

【0025】次に、図4に図1の実施例の変形例を示す。図1(b)、(c)を参照すると明らかのように、各素子要素2の格子単位2'の回折格子6を図の上辺部のaからeにわたって滑らかに接続すると、図4(b)

50 のa～b～cに示すように、連続的な曲線からなる回折

格子 6' になる。図 1 (b)、(c) の下辺部についても同様に滑らかに接続すると、図 4 (b) の d ~ e ~ f に示すように、連続的な曲線からなる回折格子 6" になる。ただし、図 4 (b) の上辺部の a ~ b ~ c の回折格子 6' の格子間隔は、下辺部の d ~ e ~ f の回折格子 6" の格子間隔よりも狭くなる。

【0026】この実施例のように、回折光学素子 1 に 2 次元的に規則的あるいは不規則に分割配置した同じ特性の素子要素 2 を、2 次元的に規則的あるいは不規則に配置された格子単位 2' から構成するのではなく、図 4

(b) に示すように、連続的な曲線からなり格子間隔も位置により異なる回折格子 6' ~ 6" で構成しても、図 4 (a) に示すように、各素子要素 2 の位置 a で回折された光は観察面 5 の領域 a に、位置 b で回折された光は観察面 5 の領域 b に、位置 c で回折された光は観察面 5 の領域 c というように、素子要素 2 の位置に対応してそれからの回折光 4 が観察面 5 上の別々の領域に入射するようになることができ、図 1 の実施例と同様に、観察面 5 の略中央に位置する観察者の眼には、回折光学素子 1 の略全ての領域から回折光 4 が入射することになり、回折光学素子 1 は高い回折効率の散乱機能を有する反射型あるいは透過型の拡散板として使用可能となる。

【0027】図 4 の実施例をさらに発展させて、回折光学素子 1 を素子要素 2 の集合から形成するのではなく、曲線からなり格子間隔も位置により異なる回折格子 1 枚で構成することができる。この実施例を図 5 に示す。図 5 (b) に回折光学素子 1 の任意の領域 7 の平面図を示すように、回折光学素子 1 は、連続的な波状曲線からなり格子間隔が位置により異なる回折格子 16' ~ 1 6' により構成されており、図の場合は、回折格子 16 部分は格子間隔が相対的に狭く、回折格子 1 6' 部分は格子間隔が相対的に広く構成され、図 5 (a) に示すように、回折格子 16 部分の領域 a で回折された光は観察面 5 の領域 a に、領域 b で回折された光は観察面 5 の領域 b に、領域 c で回折された光は観察面 5 の領域 c に、回折格子 1 6' 部分の領域 d で回折された光は観察面 5 の領域 d に、領域 e で回折された光は観察面 5 の領域 e に、領域 f で回折された光は観察面 5 の領域 f にというように、回折光学素子 1 の位置に対応してそれからの回折光 4 が観察面 5 上の別々の領域に入射するようになることができ、図 1 の実施例と同様に、観察面 5 の略中央に位置する観察者の眼には、回折光学素子 1 の略全ての領域から回折光 4 が入射することになり、回折光学素子 1 は高い回折効率の散乱機能を有する反射型あるいは透過型の拡散板として使用可能となる。

【0028】ところで、以上の図 1、図 4、図 5 何れの実施例においても、回折光学素子 1 の面上の何れの領域の素子要素 2 あるいは回折格子も位置によらず同じ回折特性を有するものであった。すなわち、図 6 (a) に示すように、回折光学素子 1 の異なる位置 (領域) 1'、

1" から回折される光が観測できる観察可能領域 5'、5" は位置 (領域) 1'、1" のずれ分だけ相互にずれており、図 6 (a) の場合には、回折光学素子 1 の左右端の領域 1'、1" が見える観察可能域は斜線ハッチを付した領域に限定され狭くなってしまう。

【0029】そこで、別の実施例においては、回折光学素子 1 の面上の素子要素 2 あるいは回折格子を位置によらず同じ回折特性のものとするのではなく、図 1、図 4 の実施例においては、素子要素 2 中の回折格子 6、

10 6'、6" 等の形状を回折光学素子 1 中の素子要素 2 の位置に応じて変形させ、また、図 5 の実施例においては、回折格子 16、1 6' 等の形状を回折光学素子 1 中の位置に応じて変形させ、それぞれの位置から回折光 4 の主光線がある位置 (回折光学素子 1 から距離 l の位置) で一致するようにする。この様子を図 6 (b) に示してある。図 6 (b) に示すように、回折光学素子 1 の異なる位置 (領域) 1'、1" から回折される光が観測できる観察可能領域 5'、5" は、回折光学素子 1 から距離 l の位置で一致するので、この一致する領域 5'

20 20 (5") 内では回折光学素子 1 の全面が見えるため、図 6 (a) の場合に比べて観察可能範囲が広くなる。

【0030】以上に、本発明の回折光学素子のいくつかの実施例について説明してきたが、本発明はこれらの実施例に限定されず種々の変形が可能である。なお、本発明に基づく回折光学素子 1 を反射型でレリーフ型の拡散板 10 (図 2) として構成する場合には、反射膜 12 として半透過性のものを用い、液晶表示素子 40 と反対側にバックライト光源を配置し、暗所ではこのバックライト光源を点灯することにより、明るい表示が可能な透過型と反射型の表示が可能な液晶表示装置とすることもできる。また、本発明の回折光学素子は、反射型液晶表示装置用の反射拡散板以外にも、例えば表示用の反射板等に用いることが可能である。また、本発明の回折光学素子は反射板だけでなく、反射層 12 を設けないで透過型として透過板として構成してもよい。

【0031】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、本発明の回折光学素子によると、ミクロ的には単純な回折格子であるので、回折効率が高く、マクロ的に明るい散乱機能を有する光学素子となる。また、斜め入射の照明光で正面方向に散乱回折を行うオフラインの回折が実現できる。さらには、ホログラムのような干渉縞の多重記録に伴うノイズが発生しない。また、連続的な曲線回折格子を用いるものにおいては、不連続エッジによって発生する回折ノイズが発生しない。そのため、液晶表示装置用の拡散板、表示用の反射板等に用いることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の実施例 1 の回折光学素子の構成と作用を説明するための図である。

【図 2】本発明による反射型でレリーフ型の拡散板を用いた反射型液晶表示装置の1例の断面図である。

【図 3】本発明による反射型でレリーフ型の拡散板によりガラスのような散乱性を合わせ持たせる構成を示す断面図である。

【図 4】別の実施例の回折光学素子の構成と作用を説明するための図である。

【図 5】さらにもう1つの実施例の回折光学素子の構成と作用を説明するための図である。

【図 6】さらに別の実施例の回折光学素子の構成と作用を説明するための図である。

【図 7】回折光学素子面及び観察面の座標系を設定するための図である。

【図 8】回折格子のピッチと傾きを定義するための図である。

【図 9】従来の反射拡散板を用いた液晶表示装置の断面図である。

【符号の説明】

1 …回折光学素子

1'、1'' …回折光学素子の異なる位置（領域）

2 …素子要素

2' …格子単位

3 …照明光

4 …回折光

5 …観察面

5'、5'' …観察可能領域

6、6'、6'' …回折格子

7 …任意領域

10 …反射型でレリーフ型の拡散板

11 …透明樹脂

12 …反射膜（反射多層薄膜）

16、16' …回折格子

18 …スリ面

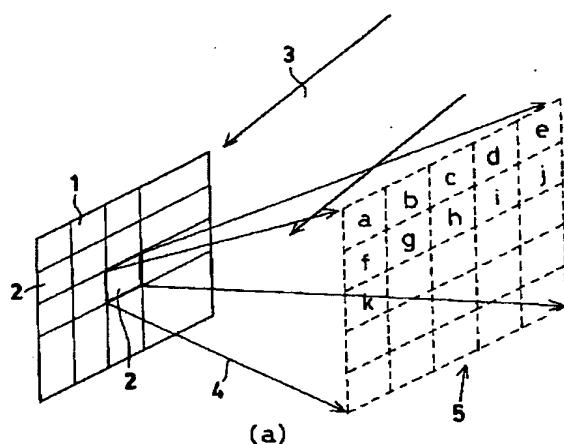
19 …微細な粉末

32 …照明光

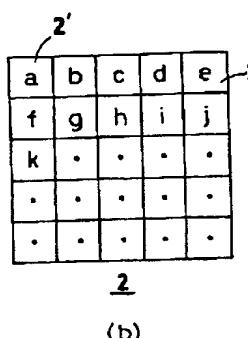
33 …拡散光

40 …液晶表示素子

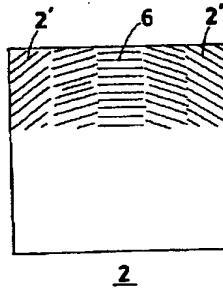
【図 1】



(a)

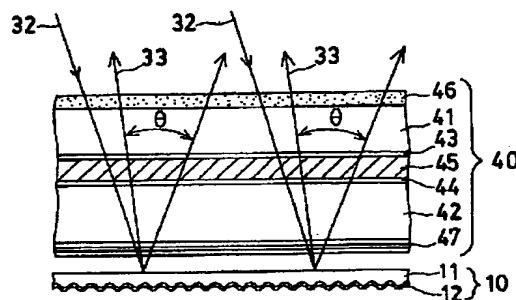


2

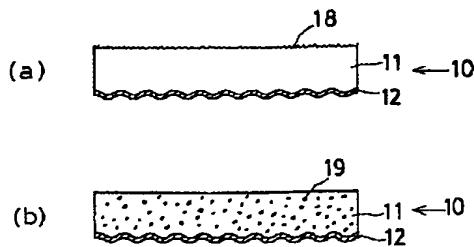


2

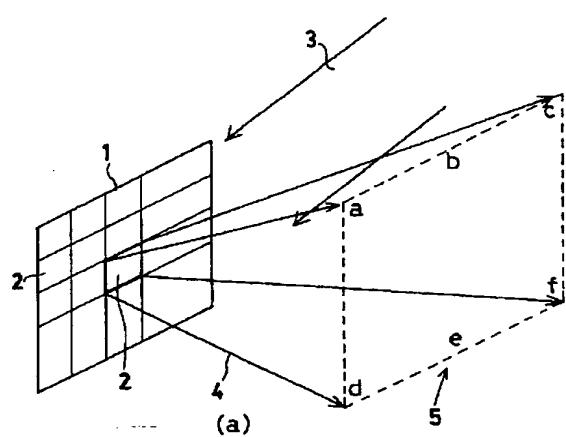
【図 2】



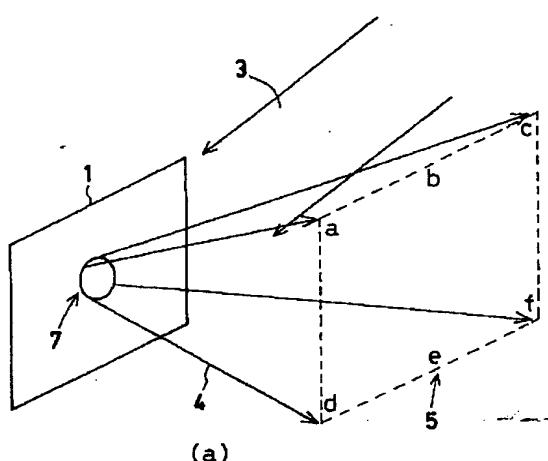
【図 3】



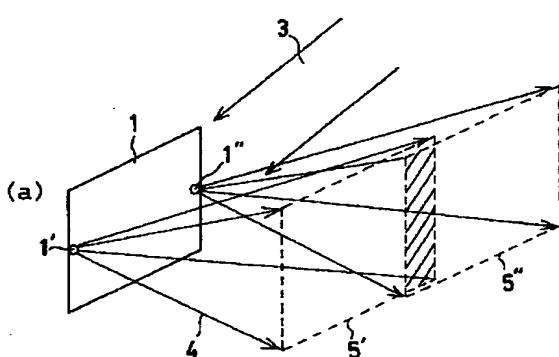
【図 4】



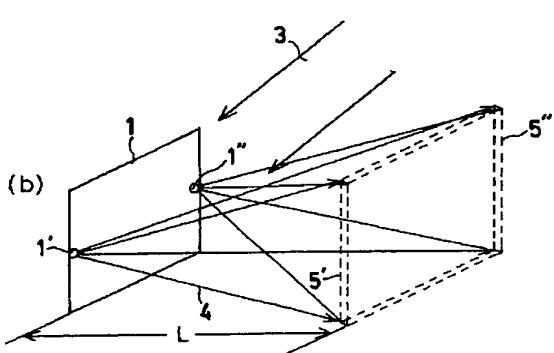
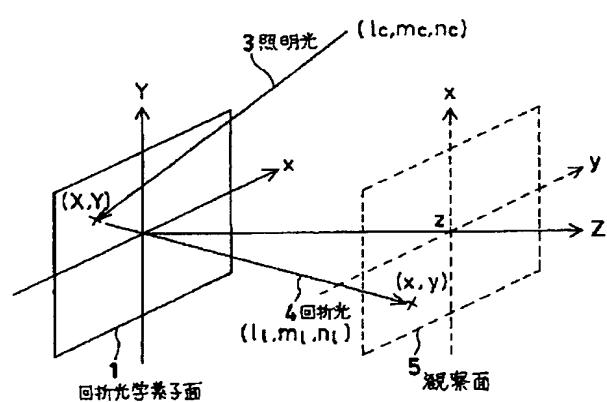
【図 5】



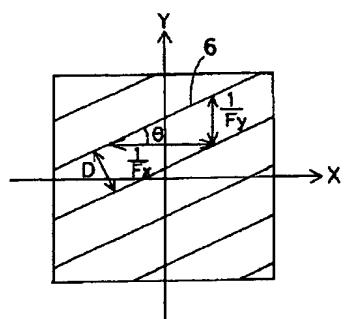
【図 6】



【図 7】



【図 8】



【図 9】

